

POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Bc. František Tragan

Oponent: Ing. David Kuřátko

Studijní program: Bezpečnostní technologie, systémy a management

Studijní obor/Specializace: Bezpečnostní technologie

Akademický rok: 2024/2025

Téma diplomové práce: Analysis of Electromagnetic Compatibility of Cabling for Safety Applications

Hodnocení práce:

Předložená diplomová práce se zabývá vytvořením nové metody pro měření přenosové impedance koaxiálních a datových kabelů. Pro realizaci měřicí metody dle doporučené literatury bylo nezbytné navrhnout vlastní konektor, který student zkonstruoval ve třech verzích, a měřením ověřil jeho vlastnosti. V další části práce je prezentováno měření přenosové impedance kabelů na dvou VNA odlišných výrobců, s využitím tří metod kalibrace VNA, dvou způsobů výpočtu impedance z s-parametrů, a se zohledněním vlivu přidané zemnicí desky. Experimentální metoda je dále implementována v softwaru CST Studio Suite a ověřena numericky. Student dosažené výsledky z měření diskutuje, které v závěru práce porovnává i s numerickým výpočtem. Z těchto důvodů považuji práci za splněnou ve všech bodech zadání. Práce je bezpochyby aktuální a přínosná, neboť s rostoucím zastoupením elektroniky v moderních zařízeních dochází i k nárůstu množství kabeláže, což klade zvýšené nároky na kvalitu stínění a zároveň i přesnost a spolehlivost měření jejich stínících vlastností. Náročnost práce považuji za spíše náročnější, kde student odvodil měřicí metodu na základě publikací, kterou prakticky realizoval a systematicky optimalizoval prostřednictvím měření a následně principiálně ověřil numerickým výpočtem.

K práci mám několik komentářů:

Vzhledem k povaze práce, která vytváří novou měřicí metodu, bych očekával, že měření přenosové impedance kabelů bude porovnáváno s referenčním měřením, např. pomocí standardní triaxiální metody, případně s analytickým výpočtem nebo údaji od výrobce. Autor v práci často zmiňuje, že výsledky neodpovídají očekávaným výsledkům, nicméně, v práci není popsáno, co jsou očekávané výsledky. Výhrady mám k prezentaci výsledků měření v kapitole 5, která je dle mého názoru nepřehledná, např. v podkapitole 5.1.4 (Different VNA setup) jsou prezentovány výsledky pro různé kalibrace, a navíc i pro dva způsoby výpočtu přenosové impedance. K přehlednosti kapitoly 5 by nepochybně přispělo, pokud by student prezentoval postupné ověřování experimentální metody na jednom zvoleném kabelu a teprve v situaci, kdy jsou identifikována optimální nastavení a kalibrace VNA, by přistoupil k měření všech testovaných kabelů. Rovnice na straně 22 není správně, kdy na levé straně rovnice bych očekával navíc součin s délkou. Rovnicím v teoretické části práce chybí číslování, navíc je ve všech rovnicích v práci použit znak konvoluce namísto součinu. Vzhledem k závislosti přesnosti úlohy na kalibraci VNA bych očekával hlubší popis kalibrace, např. přesné místo kalibrace, použití referenční roviny, případně uvažování mechanické délky konektorů. V práci je několik tvrzení, které nejsou ničím podloženy, např. „změna výkonu má znatelný vliv na přenosovou impedanci“, což by šlo odůvodnit grafem, případně „limitace konektoru do 100 MHz“, což by potvrdilo měření s-parametrů. Některé části práce působí nadbytečně, např. kapitola 3.3 v podstatě opakuje kapitolu 3.1.3. Kapitolu 5.1.1 by bylo možné zestručnit na obr. 43, který zobrazuje přenosové impedance pro všechny verze měřicího konektoru.



V kapitole věnované numerických simulacích postrádám použitou numerickou metodu (solver). Zároveň se domnívám, že síťování o necelých 90000 elementů je nedostatečný vzhledem k rozměrům 3D modelu, maximální frekvenci, a kabelu se stíněním, který je obecně náročný na síťování při použití tetrahedral buněk. Simulaci v Cable Studiu z kapitoly 4.2 bych nepovažoval za výhodnější, protože v podstatě omezuje reálný experiment pouze na samotný koaxiální kabel bez konektorů.

Z formálního hlediska je v práci několik překlepů, např. chybějící písmeno „h“ v nadpisu kapitoly 2, chybějící tečky na konci vět (str. 82 a 83), chybějící „c“ v legendě obr. 71, případně špatné odkazy v textu na obrázky (str. 97). V práci se objevují nepřesnosti technického charakteru, např. šířka pásma je uváděna v dB namísto Hz, nebo na straně 57 je nesprávně použito termínu korelace. Připomínky mám také k seznamu literatury, kde některé položky obsahují pouze název publikace bez dalších bibliografických údajů. Zároveň v tomto seznamu není jednotná forma citací napříč různými typy publikací.

Vzhledem k výše uvedeným komentářům a skutečnosti, že student řešil novou metodu, která si vyžadovala značné množství ověřovacích měření a testování, doporučuji předloženou diplomovou práci k obhajobě s hodnocením výborně A/90 bodů.

Otázky o obhajobě:

1. V teoretické části uvádíte, že koaxiální kabel s charakteristickou impedancí 50Ω je výhodnější pro výkonové aplikace než kabel s char. impedancí 75Ω . Dokážete toto tvrzení odůvodnit?
2. VNA bylo kalibrováno v místě portu, nebo až na konci kabelu, tzn. v místě připojení měřicího konektoru? Je místo kalibrace reflektováno v 3D simulaci, tzn. je diskretní port umístěn v místě kalibrace VNA během měření?
3. U standardních N-konektorů bych očekával funkčnost alespoň do 11 GHz. Co způsobuje rezonance poslední verze konektoru (obr. 43) na frekvencích od 20 MHz? Je to dané nastavením VNA, samotným konektorem, nebo tím, že se uvažoval i kabel SF 104?

Celkové hodnocení práce:

Známku uvede oponent dle svého uvážení dle klasifikační stupnice ECTS:

A – výborně, B – velmi dobře, C – dobře, D – uspokojivě, E – dostatečně, F – nedostatečně.

Stupeň F znamená též „nedoporučuji práci k obhajobě“.

Předloženou diplomovou práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení

A - výborně.

V případě hodnocení stupněm „F – nedostatečně“ uveďte do připomínek a slovního vyjádření hlavní nedostatky práce a důvody tohoto hodnocení.

Datum 4.6.2025

Podpis oponenta diplomové práce